

минералов использовался рентгенофазовый анализ (Mineflex II Desctor x-ray diffractometr) и (4) химический состав минералов был определен с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N с аналитическими приставками EBSD – AzTec HKL Channel 5 Advanced и EDX – AzTec Energy 350 (Институт Наук о Земле, РЦ СПбГУ «Геомодель» и «Дифракционные методы исследования»).

На данный момент автором были изучены 10 образцов лавы Огол, и получены следующие результаты:

- 1) В породе установлены главные (форстерит, плагиоклаз, диопсид, магнетит), второстепенные (апатит, амфибол, кальцит) и акцессорные (пирротин, хромит, барит) минералы. В основной массе породы также присутствуют, пока точно не диагностированные, силикаты Na и K.
- 2) В базальтах выделено две минеральные ассоциации: первичная (магматическая) (форстерит, плагиоклаз, диопсид, магнетит, апатит, амфибол, хромит) и наложенная вторичная (гидротермальная) (барит, кальцит, а также не диагностированный водный силикат Mg, который развивается по форстериту).
- 3) Среди изученных образцов выделяются, как минимум три разновидности базальтов: а) оливин-пироксеновые базальты, б) плагиоклазовые базальты, в) оливин-пироксеновые базальты с высоким содержанием хрома.

*Исследование выполнено при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований (грант 18-05-00835) и Alexander von Humboldt Stiftung.*

#### Список литературы

1. Белоусов В.В., Герасимовский В.И., Горячев А.В., Добровольский В.В., Капица А.П., Логачев Н.А., Милановский Е.Е., Поляков А.И., Рыкунов Л.Н., Седов В.В. Восточно-Африканская Рифтовая Система. Т. 1. Основные черты строения. Стратиграфия. М.: Наука, 1974а. 264 с.
2. Dawson J.B. The Gregory Rift Valley and Neogene-Recent volcanoes of northern Tanzania // Geological Society Memoirs. Vol. 33. 2008. 102 p.
3. Hay R.L. Geology of the Laetoli area. In Laetoli: a Pliocene Site in Northern Tanzania. Oxford: Oxford University Press. 1987. P. 23–47.
4. Mollel G.F. Petrochemistry and Geochronology of Ngorongoro Volcanic Highland Complex (NVHC) and its relationship to Laetoli and Olduvai Gorge, Tanzania. PhD thesis, Rutgers University, 2007. 254 p.
5. Mollel G.F., Swisher III C.C. The Ngorongoro Volcanic Highland its relationships to volcanic deposits at Olduvai Gorge and East Africa Rift volcanism // Journal of Human Evolution. 2012. Vol. 63. P. 274–283.

### ЦИРКОН В ГАББРО-ПЕГМАТИТАХ БОЯРСКОГО МАССИВА БЕЛОМОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ ФЕННОСКАНДИИ: МОРФОЛОГИЯ, ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ, ГЕОХИМИЯ

Кервинен А.В.<sup>1</sup>, Ковальчук Е.В.<sup>2</sup>, Степанова А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, [kervinen@mail.ru](mailto:kervinen@mail.ru)

<sup>2</sup>Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва

Беломорскую провинцию (БП) Фенноскандинавского щита большинство исследователей рассматривают как глубоко эродированный юго-западный форланд Лапландско-Кольского орогена, который формировался в промежутке 2.0–1.86 млрд лет (Daly et. Al., 2006). Структура Беломорской провинции представляет собой пакет тектонических покровов, наиболее крупными из которых являются ковдозерский (тоналит-трондьемит гранодиоритовые гнейсы), чупинский (парагнейсы) и хетоламбинский (метабазиты) (Миллер и др., 1995), претерпевших интенсивную переработку в палеопротерозое (Бабарина и др., 2017).

Палеопротерозойские габброиды, часто рассматриваемые в составе единого «друзитового комплекса» (Шарков и др., 1998), объединяющего интрузивные базиты с характерными коронными структурами, широко распространены на территории Беломорской провинции. Среди них выделяются несколько возрастных групп: 2.5, 2.45, 2.1 млрд лет (Lobach-Zhuchenko et. al., 1998, Степанова и др., 2003, 2017). Анализ соотношений палеопротерозойских интрузивных базитов с вмещающими архейскими комплексами и тектоническими структурами позволяет разделить разновозрастные деформации и реконструировать последовательность событий (Бабарина и др. 2014, 2017), однако для определения их возраста необходимы геохронологические данные о возрасте кристаллизации и метаморфизма базитов.

Боярский массив является крупным для Беломорской провинции интрузивом, площадью около 4.5 км<sup>2</sup>. Судя по элементам внутреннего строения и условиям залегания пород, массив имеет лополитообразную форму (Степанов, 1981) и является типичным представителем друзитов Беломорской провинции. Хорошая сохранность внутренней структуры и пород массива позволяет рассматривать его, как основу для реконструкции условий формирования одной из групп габброноритов Беломорской провинции. Массив Боярский ранее был детально изучен В.С. Степановым и рассматривался в составе комплекса габбро-анортозитов (Степанов, 1981).

Краевая часть интрузива сложена полевошпатовыми амфиболитами. Породы центральной части тела также амфиболитизированы, но сохранили реликтовые первично-магматические структуры и минеральный состав. В основании разреза интрузива, вблизи северного контакта, залегают меланократовые троктолиты с шлировидными обособлениями перидотитов, а к верхней его части приурочены относительно лейкократовые габбро. Анортозиты в Боярском массиве образуют жилковидные обособления в троктолитах. Габбро-пегматиты установлены в виде небольших линзовидных тел в южной части массива. Породы сохранили массивные текстуры и реликты габбро-офитовой структуры, сложены, в основном, плагиоклазом и клинопироксеном. Плагиоклаз перекристаллизован, первичный клинопироксен псевдоморфно замещен метаморфическим клинопироксеном. Новообразованные метаморфические минералы представлены гранатом, амфиболом рутилом и титанитом. По химическому составу породы массива варьируют от ультрабазитов до высокоглиноземистых базитов. Для всех разновидностей пород в составе массива характерны концентрации Zr на уровне 5–25 ppm и лишь в габбро-пегматитах они достигают уровня 40–70 ppm.

Циркон из габбро-пегматитов Боярского массива представлен как частично ограниченными, так и неправильной формы кристаллами. Размер зерен колеблется от 0.16 до 0.5 мм. В популяции преобладают короткопризматические зерна и их обломки. Наблюдаются частично сохранившиеся реликты граней дипирамиды, что типично для пород с низким содержанием циркония (Носырев и др., 1989). Для большинства зерен характерна однородная окраска коричневых тонов, отдельные участки сохранили прозрачность, но преобладают полупрозрачные разновидности. В проходящем свете зерна имеют однородное внутреннее строение. Микронное изучение цирконов (СЭМ TESCAN Vega II, EDS Inca 350, ЦКП КарНЦ РАН) показало наличие большого количества ксеноморфных включений амфибола размером 10–50 мкм, титанита и кварца в краевой части зерен (рис. 1). В центральной части зерен выделяются мелкие ядра, однородные в BSE. Размер сохранившихся ядер 10–20 мкм. Они окружены «пористым» и метамиктным (темно-серым в BSE) цирконом (рис. 1). Внешняя кайма в BSE выражена слабо, имеет однородное внутреннее строение.

Анализ содержаний рассеянных элементов в цирконе проводился на электронно-зондовом анализаторе (EPMA) JEOL JXA-8200 в ИГЕМ РАН. Ядра и краевые части зерен циркона контрастно отличаются по содержанию Y (центр 2500–5250 ppm, край 990–1100 ppm), Yb (центр 400–600 ppm, край 140–250 ppm) и Dy (центр 52–113 ppm, край – 17–26 ppm). Наблюдаются также вариации в содержаниях U, Hf и Th, но они проявлены не так ярко. Особенности внутреннего строения циркона, вариации содержаний Y и тяжелых РЗЭ и состав включений в крае-

вой части зерен позволяют предполагать, что центральные части зерен представляют реликтовый циркон, кристаллизовавшийся из расплава, а краевые части зерен – метаморфический циркон, сформированный в равновесии с гранатом, на что указывают низкие концентрации Y и TR3Э. Мелкие обломки часто не имеют зональности и полностью сложены либо магматическим, либо метаморфическим цирконом.

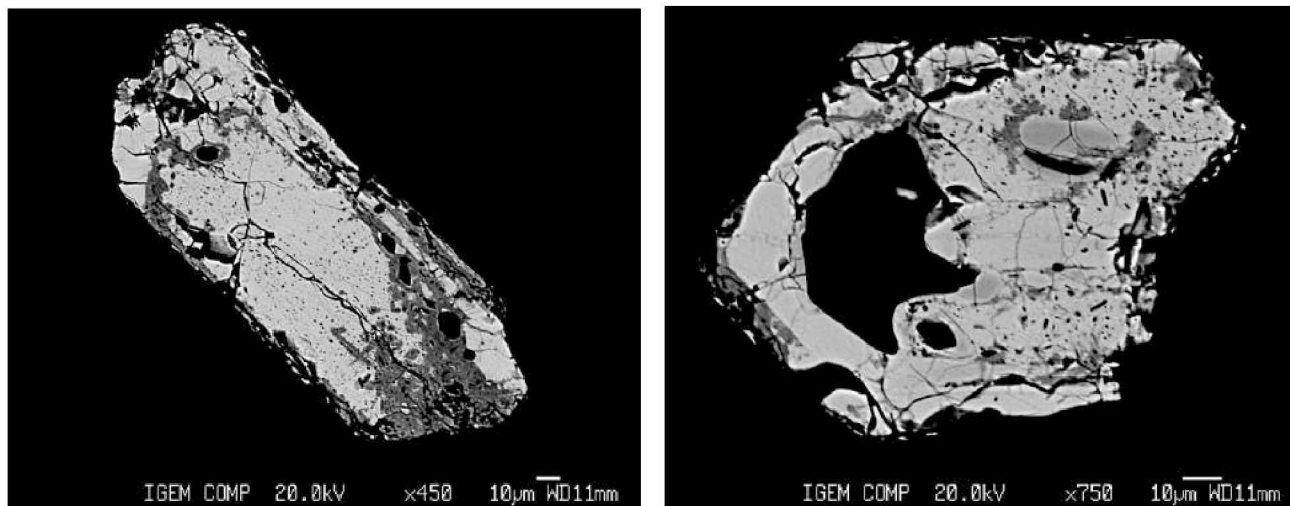


Рис. 1. Микрофотографии зерен циркона из габбро-пегматитов Боярского массива в обратно-отраженных электронах (BSE)

Широкие вариации морфологических особенностей цирконов из габбро-пегматитов Боярского массива, сложное внутреннее строение зерен и наличие кайм метаморфического циркона предполагают необходимость его более детального изучения, в том числе методами катодной люминесценции. Выявление наиболее сохранившихся индивидов в популяции требуется для расшифровки условий их формирования и должно предшествовать U-Pb датированию. С учетом высокой степени метамиктности циркона, наличия довольно крупных включений и малого размера сохранившихся участков, для U-Pb датирования предпочтительно использовать наиболее крупные зерна в популяции. В целом, циркон из габбро-пегматитов Боярского массива является перспективным для датирования локальными методами, так как результаты его изучения позволяют получить информацию о возрасте кристаллизации пород и их метаморфизма.

#### Список литературы

1. *Daly J.S., Balagansky V. V., Timmerman M.J., Whitehouse M.J.* The Lapland-Kola orogen: Palaeoproterozoic collision and accretion of the northern Fennoscandian lithosphere // *Geol. Soc. London, Mem.* 2006. Т. 32. № 1. С. 579–598.
2. *Бабарина И.И., Степанова А.В., Азимов П.Я., Серебряков Н.С.* Неоднородность переработки фундамента в палеопротерозойском Лапландско-Кольском коллизионном орогене, Беломорская провинция Фенноскандинавского щита // *Геотектоника*. 2017. № 5. С. 3–19.
3. *Бабарина И.И., Сибелев О.С., Степанова А.В.* Гридинская зона зеланжа Беломорской эклогитовой провинции: последовательность деформаций и структурное положение роев мафических даек // *Геотектоника*. 2014. Т. 2014. № 4. С. 67–81.
4. *Степанова А.В., Степанов В.С., Ларионов А.Н., Азимов П.Я., Егорова С.В., Ларионова Ю.О.* Габбро-анортозиты 2.5 млрд лет в Беломорской провинции Фенноскандинавского щита: петрология и тектоническая позиция // *Петрология*. 2017. Т. 25. № 6. С. 581–608.
5. *Носырев И.В., Робул В.М., К.Е. Есипчук, В.И.* Осра Генерационный анализ акцессорного циркона // М.: Наука, 1989. – 203 с.
6. *Степанов В.С.* Основной магматизм докембрия Западного Беломорья // Л.: Наука, 1981. 216 с.